

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

ZEYNEP KEŞKEK

ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI TEKNOLOJİSİ

1

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.2. Mekaniksel Enerji Depolama

- Hazneli pompalı sistemler
- Sıkıştırılmış hava ile enerji depolama
- Volanlar

4.3. Isıl Enerji Depolama

4.4. Elektriksel Enerji Depolama

- Ultrakapasitörler/Süperkapasitörler
- Süperiletken Manyetik Enerji Depolama

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.2. Mekaniksel Enerji Depolama

Hazneli pompalı sistemler

- Hazneli pompalı sistemler en eski ve en büyük enerji depolama sistemleridir.
- Mevcut donanımlarla kapasitesi 1000 MW veya üzerinde olabilmektedir.
- Geleneksel hazneli pompalı sistemlerde dikey şekilde konumlanmış 2 adet su rezervuarı bulunmaktadır.
- Enerji düşük rezervuardan yüksek rezervuara çıkarılarak depolanır.
- Bu haliyle depolanan enerji, fiziğin önemli prensiplerinden olan Potansiyel Enerjiye dönüştürülmektedir.

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.2. Mekaniksel Enerji Depolama

Hazneli pompalı sistemler

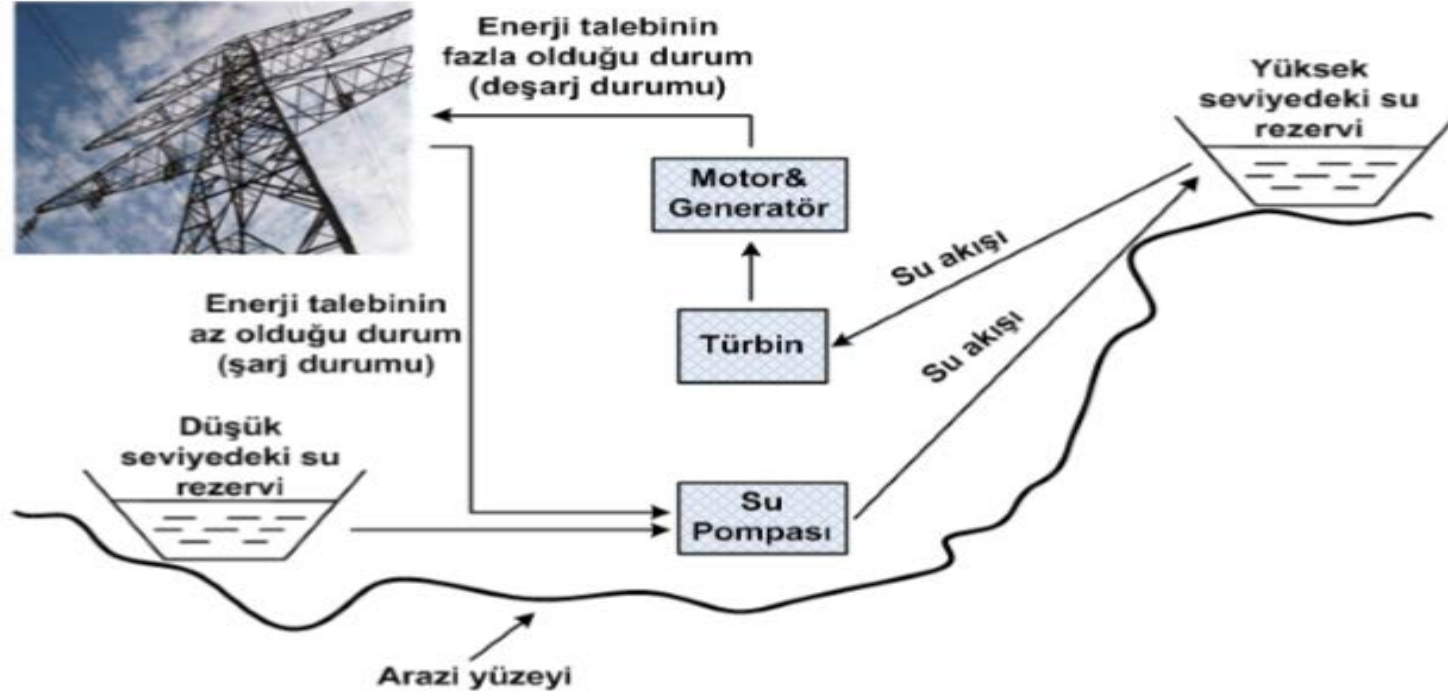
- Hazneli pompalı sistemler ne kadar mekanik depolama teknolojisi olarak anılsa da en fazla elektrik üretim amacıyla kullanılmaktadır.
- Yeraltı hazneli pompalı sistemler akışı için mağara veya maden oyukları kullanılır.
- Açık denizde eğer uygun bir yer varsa alçak rezervuardan yüksek rezervuara deniz suyu taşınarak kullanılabilir.
- Hazneli pompalı depolama sisteminin en olumsuz tarafı coğrafi olarak uygun yerlerin az olması bunun yanında kurulum süresinin ve maliyetinin yüksek olması denilebilir.

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.2. Mekaniksel Enerji Depolama

Hazneli pompalı sistemler



Şekil 1. Tipik bir pompalanmış su tabanlı enerji depolama ünitesinin şematiği

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.2. Mekaniksel Enerji Depolama

Sıkıştırılmış hava ile enerji depolama

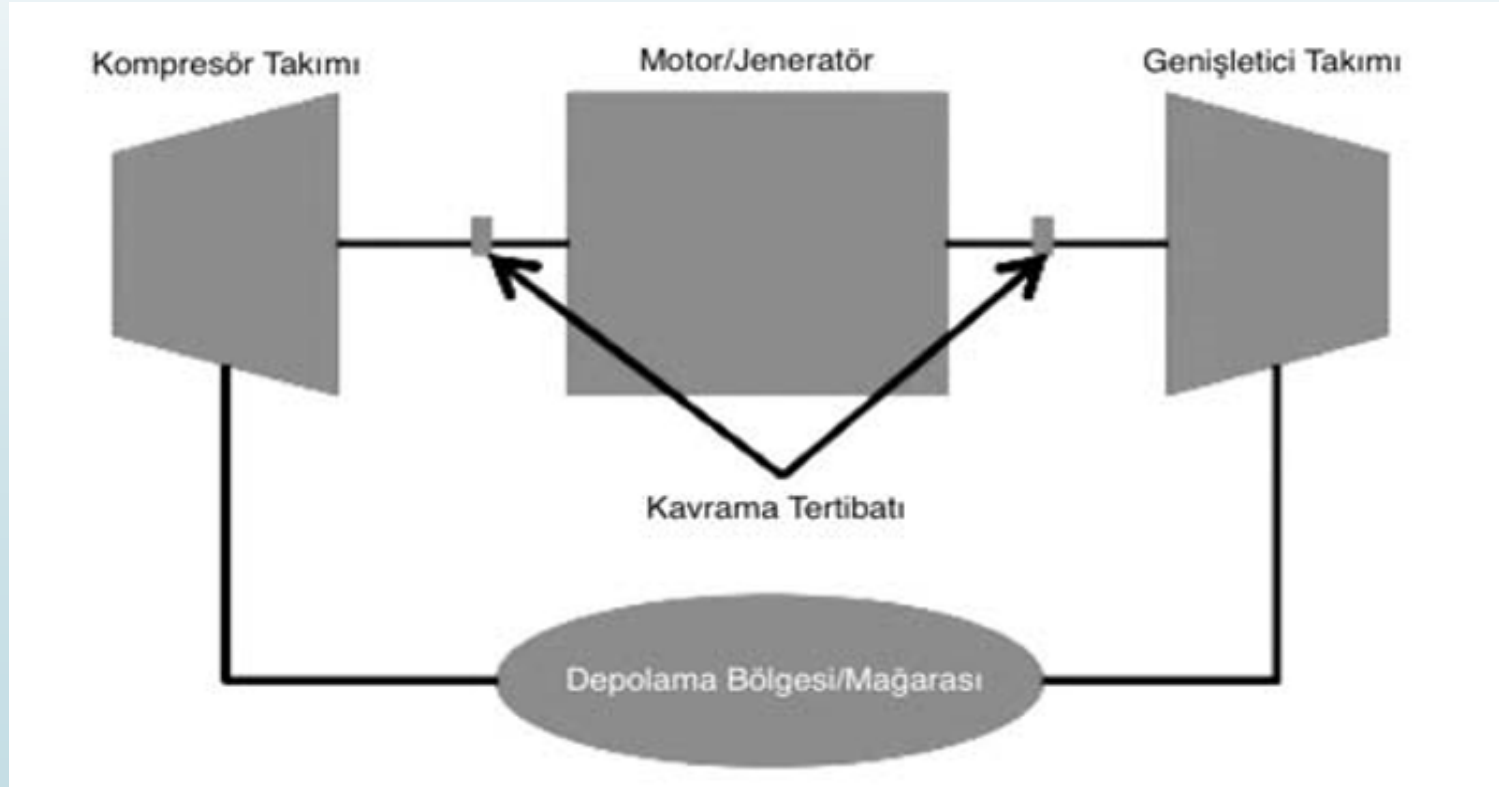
- CAES sistemleri enerjiyi sıkıştırılmış hava formunda yeraltı mağaralarında saklayan sistemler olarak tanımlanabilir.
- Sıkıştırılmış hava sistemleri elektrik enerjisini, havayı yüksek basınç altında kaplara ileten kompresörleri hareket ettirmek ve daha sonra bir piston veya türbin içerisinde, basınç altındaki bu havayı gerektiğinde enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılır.

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.2. Mekaniksel Enerji Depolama

Sıkıştırılmış hava ile enerji depolama



ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.2. Mekaniksel Enerji Depolama

Sıkıştırılmış hava ile enerji depolama

- Enerji depolama verimliliği yaklaşık %75 civarındadır.
- CAES tesisleri, yanma olmadan çalıştırılmaz çünkü egzoz havası çok düşük sıcaklıklarda çıkacak ve bu durum malzemelerde kırılabilirlik veya donmaya sebep olacaktır.
- Sıkıştırılan hava, yeraltında uygun olan maden ocaklarında, büyük mağaralarda, tuzlu kayaların içinde depolanabilir.

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.2. Mekaniksel Enerji Depolama

Volanlar

- Çok hızlı bir şekilde dönen tekerlekteki kinetik enerjinin bir biçimi bu volanlar da depolanmış halidir.
- Bu teknolojiye sahip uygulamalarda iki farklı tarz uygulama mevcuttur.
- Birincisi yüksek hızlı volan sistemleri olup 50000 d/d dönme hızlarına sahiptirler ve boyut ve ağırlığın belirleyici olduğu elektrikli araçlar ve buna benzer alanlarda kullanılırlar.
- İkincil tiptekiler ise 7000 d/d gibi daha düşük hızlarda çalışırlar ve görece daha büyüktürler. İkincil tipteki volanların çapları bir metreyi bulabilir.

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.2. Mekaniksel Enerji Depolama

Volanlar

Tablo 1. Farklı Depolama Teknolojileri ve Temel Özellikleri (Landryet al. 2015).

Teknoloji	Enerji Çıkışı	Verim	Maliyet(USD/kW) Ana Uygulama
Volan Depolama	Elektrik	90-95	130-500
Pompa Hidroelektrik Depolama (Basıncı Su Depolama) (PSH)	Elektrik	50-85	500-4600
Basıncı Hava Enerji Depolama (CAES)	Elektrik	27-70	500-1500
Süper Kapasitörler	Elektrik	90-95	130-515
Süper İletken Manyetik Enerji Depolama (SMES)	Elektrik	90-95	130-515
Termal Enerji Depolama	Termal	90-99	1000-3000
Hidrojen Enerjisi Depolama	Elektrik	30-50	550-4500
Piller	Elektrik	75-95	900-3500
Yeraltı Termal Enerji Depolama (UTES)	Termal	50-90	3400-4500
Eriyik Tuzlar	Termal	40-93	400-700
Kimyasal-Hidrojen Depolama	Elektrik	22-50	500-750
Katı Hal Medya Depolama	Termal	50-90	500-2000
Buz Depolama	Termal	75-90	6000-15000
Sıcak ve Soğuk Su Depolama	Termal	50-90	300-600

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.2. Mekaniksel Enerji Depolama

Volanlar

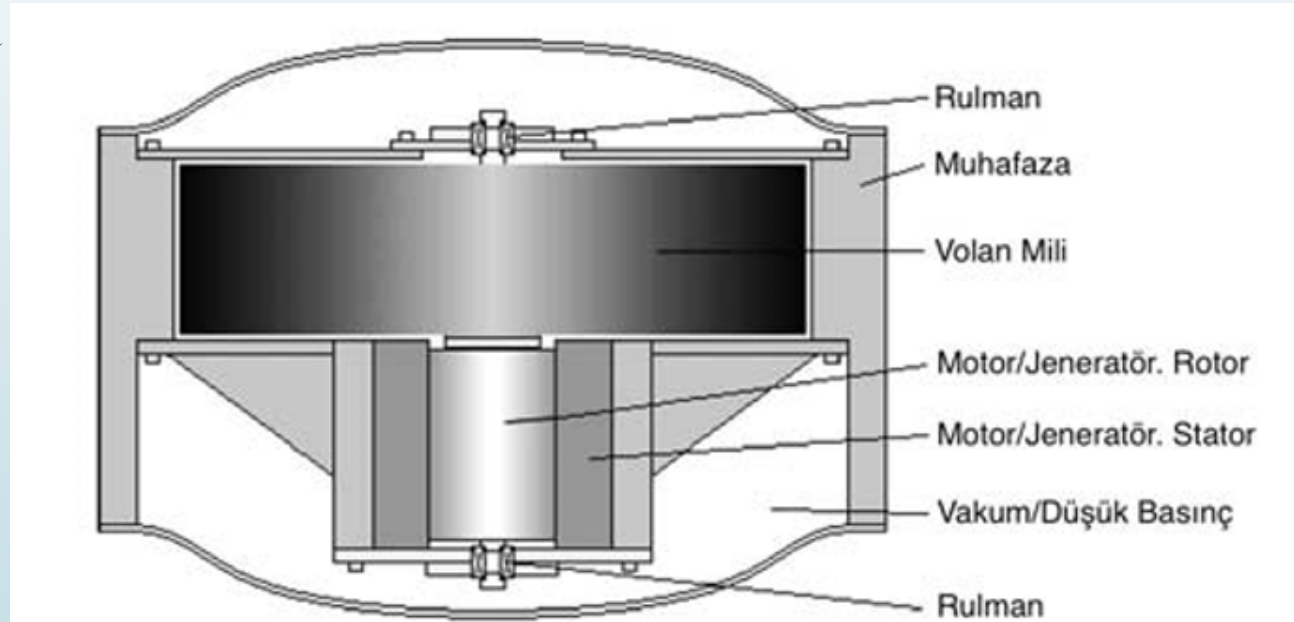
- Girişinde enerjiyi elektrik enerjisi olarak alır ve motorun çalışmasıyla kinetik enerjiye dönüştürür.
- İhtiyaç halinde bu enerjiyi jeneratör çalışmayla tekrar elektrik enerjisi şeklinde çıkış olarak verir.

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.2. Mekaniksel Enerji Depolama

Volanlar



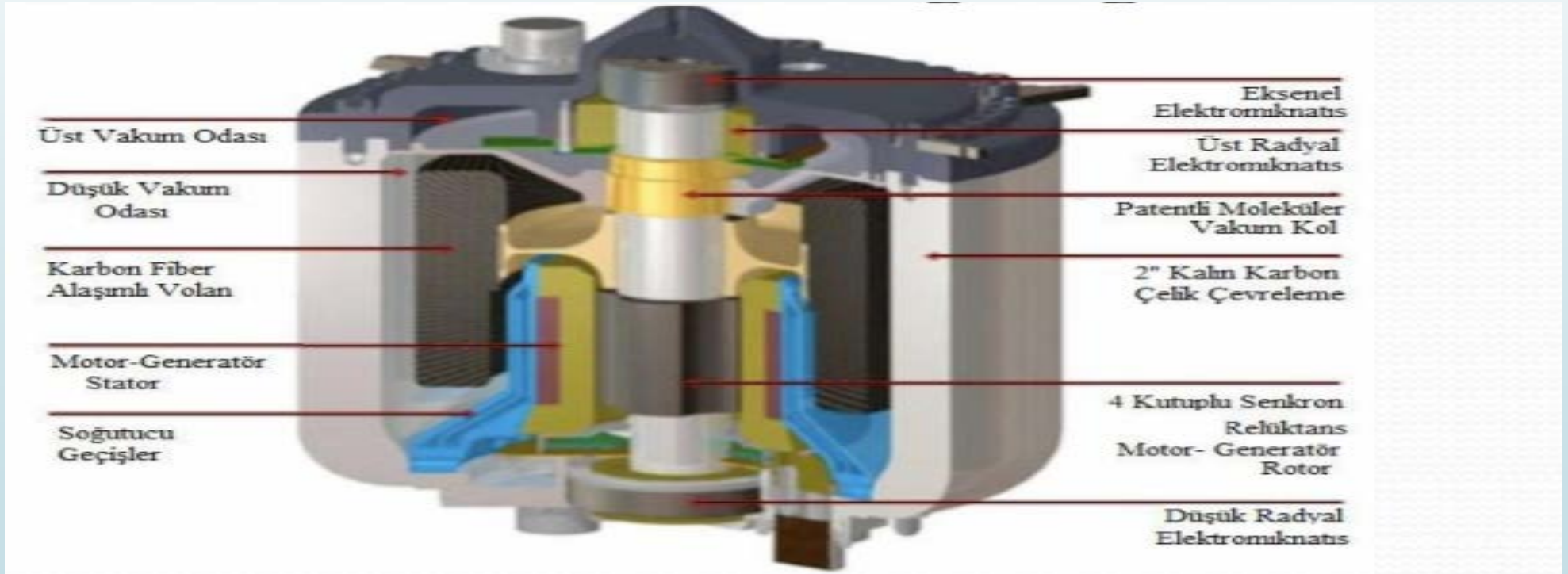
Şekil 1. Bir Volan Enerji Depolama Sisteminin Şematik Gösterimi (Bolundet *al.* 2007).

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.2. Mekaniksel Enerji Depolama

Volanlar



Volan enerji depolama ünitesinin kesit şeması

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.2. Mekaniksel Enerji Depolama

Volanlar



ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.3. Isıl Enerji Depolama

- Isı enerjisi bir maddeyi oluşturan atom veya moleküllerin, kinetik ve potansiyel enerjilerinin toplamıdır ve atomik veya moleküler titreşimler sonucu oluşur.
- Isı enerjisi, maddenin iç enerjisindeki değişme ile duyulur ısı, gizli ısı, tepkime ısı ya da tüm bunların birleşimi olarak depolanır.
- Duyulur ısı metodunda, depolama maddesinin sıcaklığındaki değişim sonucunda ortaya çıkan duyulur ısıdan yararlanır.
- Gizli ısı depolamasında, faz değişimi gösteren maddeler kullanılır.
- Depolamaya uygun sıcaklık aralığında depolama maddesinin faz değiştirmesiyle ortaya çıkan gizli ısı belirlenir.

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.3. Isıl Enerji Depolama

- Bu amaçla belirli sıcaklıklarda ergime, buharlaşma veya diğer faz değişimlerine uğrayan maddelerden yararlanılır.
- Termokimyasal depolama metodunda ise ısı enerjisi bir bileşiğin bağ enerjisi olarak depolanabilir ve aynı enerji tersinir kimyasal tepkimelerle serbest bırakılabilir.
- Isı enerjisi depolaması kullanım süresine göre ikiye ayrılır. Bunlar kısa süreli depolama (gece-gündüz) ve uzun süreli depolama mevsimlik (yaz-kış)'dır.
- Kullanım amacına ve sıcaklığına göre sıcak depolama, soğuk depolama veya her iki amaç içinde sıcak ve soğuk depolama yapılabilir.
- Isı enerjisinin depolaması, enerjinin elde edilmesiyle kullanımı arasındaki yer ve zaman farkını kapatarak, hem ısıtma hem de soğutma için alternatif çözümler verir.

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.3. Isıl Enerji Depolama



Şekil 3. Duyulur ısı depolama

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.3. Isıl Enerji Depolama

- Isı depolama, enerji verimliliği ve enerjinin sürdürülebilirliği açısından çok önemlidir.
- Başlıca depolama yöntemleri şunlardır.
 - Katılarda depolama
 - Sıvılarda depolama
 - Mevsimsel depolama
 - Kimyasal depolama
 - Faz değişimli maddelerle depolama

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.3. Isıl Enerji Depolama

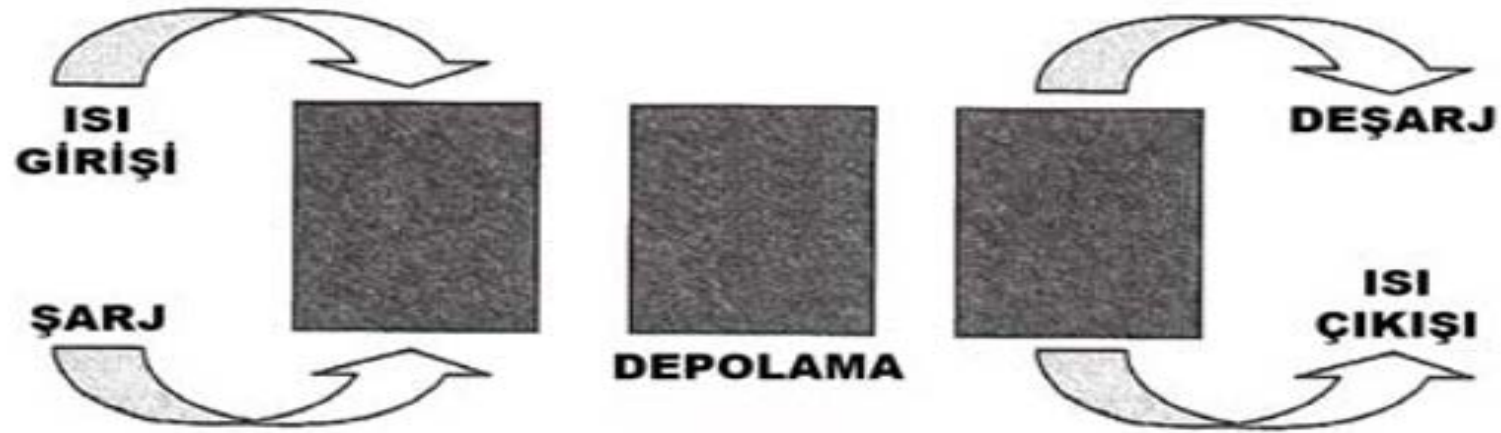
- Tüm termal enerji depolama sistemlerinde temel prensip aynıdır.
- Enerjinin, ihtiyaç olduğunda geri alınmak üzere, sisteme geçici bir süre için beslenmesi esasına dayanır.
- Genel bir sistem, üç kademedен oluşur:
 - 1- Şarj
 - 2-Depolama
 - 3- Deşarj
- Bazı pratik sistemlerde bu aşamalar aynı anda çalışıyor veya birden fazla tekrarlanıyor olabilir.

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.3. Isıl Enerji Depolama

- Rüzgar, güneş ve su gibi doğal enerji kaynaklarından ve atık ısıdan yararlanmak için de ısı enerjisi depolama gereklidir.



Şekil 6. Isıl enerji depolama blok diyagramı (Kocaman 2013).

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.4. Elektriksel Enerji Depolama

- Güç kalitesinin iyileştirilmesinde, elektrikli araçlarda ve akıllı şebekelerde uygulama alanı bulmaktadırlar.
- Bunlar; kapasitörler, ultra kapasitörler ve süperiletken manyetik enerji depolama teknolojileridir.

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

Elektriksel Enerji Depolama

Ultrakapasitörler/Süperkapasitörler

- Elektrik enerjisi kondansatörlerde depolanabilir.
- Kondansatörler enerjiyi pozitif ve negatif elektrostatik yüklerin ayrışmasıyla depo eden cihazlardır.
- Kapasitörler iki tane iletken plaka ile bunları ayıran ve dielektrik olarak adlandırılan yalıtkanlardan oluşmaktadır.
- Dielektrik malzeme iki levha arasında ark oluşmasını önleyerek daha fazla şarj yapılmasına yardım eder.

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

Elektriksel Enerji Depolama

Ultrakapasitörler/Süperkapasitörler

- Klasik kapasitörlerin güç yoğunlukları çok yüksektir. (yaklaşık 10^{12} W/m³)
- Enerji yoğunlukları çok düşüktür. (yaklaşık 5 Wh/m³)
- Klasik kapasitörler genel olarak elektrolitik kapasitörler olarak adlandırılırlar.

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

Elektriksel Enerji Depolama

Ultrakapasitörler/Süperkapasitörler

- Süperkapasitörler (Ultrakapasitörler) ise klasik kapasitörlerin geliştirilmiş olanlarıdır.
- Bu kondansatörlerin güç yoğunlukları 10^6 W/m³ ve enerji yoğunlukları 104 Wh/m³ değerindedir.
- Enerji yoğunlukları az fakat deşarj süreleri hızlı ve çevrim ömrü daha fazladır.
- Kapasitörlerin boyut problemleri vardır ancak süperkapasitörler yapıldıktan sonra çok büyük kapasiteler gayet küçük boyutlardaki kapasitörlerde yüksek enerji depolamaya olanak sağlamıştır.

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

Elektriksel Enerji Depolama

Ultrakapasitörler/Süperkapasitörler

- Ultrakapasitör ile oluşturulan enerji depolama sistemi, enerji tamponu görevi dışında aynı zamanda şebekenin güç kalitesinin iyileştirilmesini de sağlamaktadır.
- Birkaç milisaniyeden birkaç dakikaya kadar yüksek güç deşarjı gerektiren tüm uygulamalar için, ultrakapasitör kullanımı uygun olmaktadır.
- Ultrakapasitörler, kimyasal bir reaksiyon olmadan doğrudan elektriği depolayabildiklerinden çok kısa sürede şarj ve deşarj olabilmektedir.

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

Elektriksel Enerji Depolama

Ultrakapasitörler/Süperkapasitörler

- Ultrakapasitörlerin en önemli üstünlükleri, uzun işletim ömürleri, esnek gerilim düzeyi, yüksek akım gücü olarak sayılabilir.
- Ultrakapasitörler, çok yüksek güçleri çok hızlı depolayıp geri verebildikleri için özellikle güç sistemlerinde meydana gelen gerilim çökmesi veya kısa süreli kesintiler gibi geçici durumların giderilmesinde önemli görevler alabilmektedir.
- Ayrıca kesintiler sırasında yaşanan geçişlerde gerilim kararlılığını sağlayabilmektedir.

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

Elektriksel Enerji Depolama

Ultrakapasitörler/Süperkapasitörler



58 F kapasitesi ile 15 V
ultra-kapasitör paketi



Ultra-kapasitör paketleri

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.4. Elektriksel Enerji Depolama

Süperiletken Manyetik Enerji Depolama

- Bu sistemlerde depolama şekli en basit anlatımla, süperiletken bobin içerisindeki akan akım ile oluşan manyetik alan içerisinde enerjinin depolanmasıdır.
- Süperiletken manyetik enerji depolama sisteminin temel olarak içinde şu bileşenler vardır;
 - Süperiletken bobin
 - Enerji dönüşüm sistemi (bobin içi ve dışına enerji transferi için)
 - Soğutma sistemi

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.4. Elektriksel Enerji Depolama

Süperiletken Manyetik Enerji Depolama

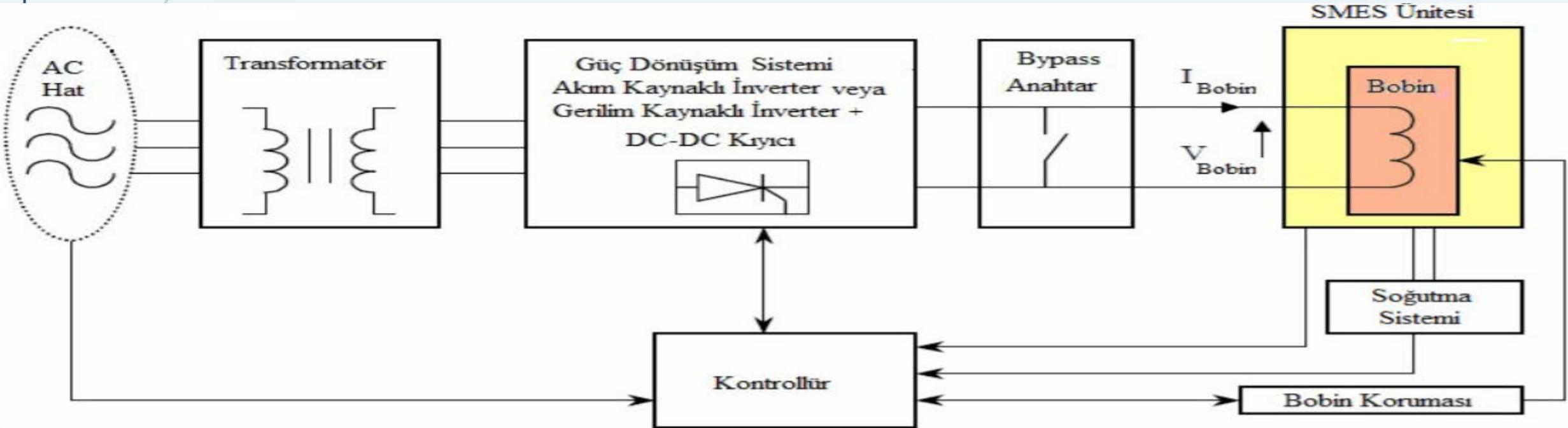
- Süperiletken Manyetik Enerji Depolama sisteminin avantajları;
 - Çok yüksek verimlilik (yaklaşık %97-98)
 - Çok kısa sürede isteklere cevap verme (20-30 ms)
 - Aktif ve reaktif gücün bağımsız kullanılabilmesi
 - Uzun ömürlü olmaları
- Özellikle elektrik şebeke sisteminde pik yüklerin karşılanması, frekans kontrolü, sistem kararlılığı ve yük akışı kontrolü gibi önemli noktalar için kullanılabilen özellikleri ile diğer depolama tekniklerinden ayrılan yegane depolama birimi denilebilir.

ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4. ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

4.4. Elektriksel Enerji Depolama

Süperiletken Manyetik Enerji Depolama



Tipik bir SMES sistemi bileşenleri

KAYNAKÇA

- [http://fenbildergi.aku.edu.tr/16OS/\(113-121\).pdf](http://fenbildergi.aku.edu.tr/16OS/(113-121).pdf)
- <http://www.solar-academy.com/menus/Enerji-Depolama-Yontemleri.034644.pdf>
- <https://aktif.net/tr/Aktif-Blog/Teknik-Makaleler/Elektrik-Enerjisi-Depolama-Yontemleri-ve-Secim-Kriterleri>
- <http://www.elektrikrehberiniz.com/enerji/enerji-depolama-sistemleri-11539/>
- http://www.normenerji.com.tr/menu_detay.asp?id=7965
- www.dektmk.org.tr/upresimler/enerjikongresi12/69-Yrd.Doc.DrAhmetOzarslan.pdf
- www.politeknik.gazi.edu.tr/index.php/PLT/article/download/104/102
- <http://www.elektrikport.com/haber-roportaj/enerji-depolamanin-yeni-adi-ultrakapasitorler/4577#ad-image-0>
- <http://www.kuark.org/2013/06/bir-ultrakapasitor-nedir/>
- <http://www.elektrikport.com/haber-roportaj/pillere-yeni-alternatif-super-kapasitorler/17354#ad-image-2>
- http://www.emo.org.tr/ekler/b16334ac4c7cb36_ek.pdf